

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-182956

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/20
H01L 21/268
H01L 29/786
H01L 21/336

(21)Application number : 10-355842

(71)Applicant : SONY CORP
ST LCD KK

(22)Date of filing : 15.12.1998

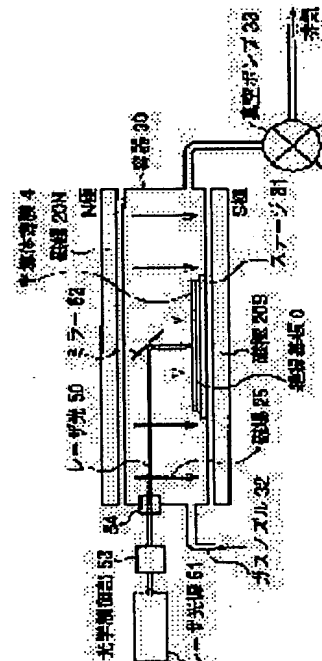
(72)Inventor : KOJIMA AKIRA
HAYASHI HISAO

(54) CRYSTALLIZATION METHOD FOR SEMICONDUCTOR THIN FILM AND LASER CRYSTALLIZATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser crystallization device for a semiconductor thin film which controls crystal orientation.

SOLUTION: Related to a laser crystallization device, a semiconductor thin film 4 formed on a substrate 0 is irradiated with laser beam 50 while applied with a magnetic field 25, so that the semiconductor thin film 4 is melted once and crystallized in a cooling process. The laser crystallization device comprises a stage 31 on which the substrate 0 to be processed is placed, a vessel 30 where the stage 31 is housed, a laser light source 51 for generating the laser beam 50, an optical system for guiding the laser beam 50 to the substrate 0 placed on the stage 31, and a magnetic field generating device which applied the unidirectional magnetic field 25 to the entire vessel 30 where the stage 31 and at least a part of the optical system are housed. Here, the semiconductor thin film 4 is irradiated with the laser light 50 for melting once, and the crystal orientation of crystal particles contained in the semiconductor thin film 4 is aligned under the action of unidirectional magnetic field in a cooling process. A unidirectional electric field may be acted instead of magnetic field.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-182956
(P2000-182956A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマート* (参考)
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	5 F 0 5 2
21/268		21/268	F 5 F 1 1 0
			C
29/786		29/78	6 2 7 C
21/336			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-355842

(22) 出願日 平成10年12月15日 (1998. 12. 15)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号
(71) 出願人 598172398
エスティ・エルシーディ株式会社
愛知県知多郡東浦町緒川上舟木50番地
(72) 発明者 小島 明
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内
(74) 代理人 100092336
弁理士 鈴木 晴敏

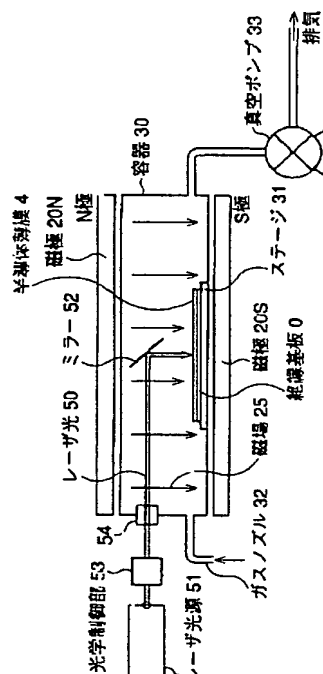
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体薄膜の結晶化方法及びレーザ結晶化装置

(57) 【要約】

【課題】 結晶方位を制御可能な半導体薄膜のレーザ結晶化装置を提供する。

【解決手段】 レーザ結晶化装置は、基板 0 に形成された半導体薄膜 4 に磁場 25 を印加しながらレーザ光 50 を照射して、半導体薄膜 4 を一旦熔融し冷却過程で結晶化せしめる。レーザ結晶化装置は、処理対象となる基板 0 を載置するステージ 31 と、ステージ 31 を格納する容器 30 と、レーザ光 50 を発生するレーザ光源 51 と、レーザ光 50 をステージ 31 に載置された基板 0 に導く光学系と、ステージ 31 及び光学系の少なくとも一部を収納する容器 30 の全体に一定方向の磁場 25 を印加する磁場発生器とからなり、レーザ光 50 を照射して半導体薄膜 4 を一旦熔融し冷却過程で一定方向の磁場を作用させ半導体薄膜 4 に含まれる結晶粒の結晶方位を揃える。場合によっては、磁場に替えて一定方向の電場を作用させても良い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板に形成された半導体薄膜に磁場を印加しながらレーザ光を照射して、該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめる半導体薄膜の結晶化方法であって、

発光時間が100 nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の磁場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする半導体薄膜の結晶化方法。

【請求項2】 レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化することを特徴とする請求項1記載の半導体薄膜の結晶化方法。

【請求項3】 基板に形成された半導体薄膜に磁場を印加しながらレーザ光を照射して、該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるレーザ結晶化装置であって、

処理対象となる基板を載置するステージと、該ステージを格納する容器と、レーザ光を発生するレーザ光源と、該レーザ光を該ステージに載置された基板に導く光学系と、該ステージ及び該光学系の少なくとも一部を収納する該容器の全体に一定方向の磁場を印加する磁場発生器とからなり、

レーザ光を照射して該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で一定方向の磁場を作用させ半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とするレーザ結晶化装置。

【請求項4】 所定の間隙を介して互いに接合した一対の基板と、該間隙に保持された電気光学物質とを有し、一方の透明基板には対向電極を形成し、他方の絶縁基板には画素電極及びこれを駆動する薄膜トランジスタを形成し、該薄膜トランジスタを、半導体薄膜とその一面側にゲート絶縁膜を介して重ねられたゲート電極とで形成した表示装置の製造方法であって、

該絶縁基板の表面に半導体薄膜を形成する成膜工程と、該絶縁基板に形成された半導体薄膜に磁場を印加しながらレーザ光を照射して該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるアニール工程と、結晶化された該半導体薄膜を活性層として薄膜トランジスタを形成する加工工程とを含み、

前記アニール工程は、発光時間が100 nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の磁場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項5】 絶縁基板に形成された半導体薄膜と、その一面に形成されたゲート絶縁膜と、該ゲート絶縁膜を介して該半導体薄膜に重ねられたゲート電極とからなる

薄膜トランジスタであって、

該半導体薄膜は、エネルギービームの照射を受けて一旦溶融した後冷却過程で多結晶化される際一定方向の磁場の作用を受けて結晶粒の結晶方位が揃えられていることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項6】 基板に形成された半導体薄膜にレーザ光を照射して一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめる半導体薄膜の結晶化方法であって、

発光時間が100 nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の電場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする半導体薄膜の結晶化方法。

【請求項7】 レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化することを特徴とする請求項6記載の半導体薄膜の結晶化方法。

【請求項8】 基板に形成された半導体薄膜にレーザ光を照射して一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるレーザ結晶化装置であって、

処理対象となる基板を載置するステージと、該ステージを格納する容器と、レーザ光を発生するレーザ光源と、該レーザ光を該ステージに載置された基板に導く光学系と、該ステージ及び該光学系の少なくとも一部を収納する該容器の全体に一定方向の電場を印加する電場発生器とからなり、

レーザ光を照射して該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で一定方向の電場を作用させ半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とするレーザ結晶化装置。

【請求項9】 所定の間隙を介して互いに接合した一対の基板と、該間隙に保持された電気光学物質とを有し、一方の透明基板には対向電極を形成し、他方の絶縁基板には画素電極及びこれを駆動する薄膜トランジスタを形成し、該薄膜トランジスタを、半導体薄膜とその一面側にゲート絶縁膜を介して重ねられたゲート電極とで形成した表示装置の製造方法であって、

該絶縁基板の表面に半導体薄膜を形成する成膜工程と、該絶縁基板に形成された半導体薄膜にレーザ光を照射して一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるアニール工程と、結晶化された該半導体薄膜を活性層として薄膜トランジスタを形成する加工工程とを含み、

前記アニール工程は、発光時間が100 nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の電場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする表示装置の製造方法。

【請求項10】 絶縁基板に形成された半導体薄膜と、その一面に形成されたゲート絶縁膜と、該ゲート絶縁膜

を介して該半導体薄膜に重ねられたゲート電極とからなる薄膜トランジスタであって、
該半導体薄膜は、エネルギービームの照射を受けて一旦溶融した後冷却過程で多結晶化される際一定方向の電場の作用を受けて結晶粒の結晶方位が揃えられていることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体薄膜の結晶化方法及びレーザ結晶化装置に関する。特に、液晶などを電気光学物質に用いた表示装置のスイッチング素子として形成される多結晶シリコン薄膜トランジスタの製造技術に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置のスイッチング素子として広く用いられている薄膜トランジスタの内、多結晶シリコンを活性層とした薄膜トランジスタは、同一基板上にスイッチング素子の他周辺の駆動回路を内蔵できる。又、多結晶シリコン薄膜トランジスタは微細化が可能で、画素構造を高開口率化できる。これらの理由により、多結晶シリコン薄膜トランジスタは高精細な表示装置用の素子として注目されている。近年、多結晶シリコン薄膜トランジスタを例えば600℃以下の低温プロセスで作成する技術が盛んに研究されている。所謂低温プロセスにより高価な耐熱性の基板を用いる必要がなくなり、ディスプレイの低コスト化及び大型化に寄与できる。特に近年では、画素のスイッチング素子や周辺の駆動回路に加え、中央演算素子(CPU)に代表される高度な機能素子を基板上に集積化させる要求が高まっている。これを実現する為、単結晶シリコンに近い高品質の多結晶シリコン薄膜を形成する技術が待望されている。

【0003】従来の低温プロセスでは、基板上に非晶質シリコンを成膜した後、長尺状若しくは線状に整形したエキシマレーザビームあるいは電子ビームを走査して基板表面を照射し、非晶質シリコンを多結晶シリコンに転換する。レーザビームや電子ビームなどの高エネルギービームを照射することにより、非晶質シリコンは基板にダメージを与えることなく急激に加熱され溶融状態となる。この後冷却過程でシリコンの結晶化が起り、ある程度の粒径を有する多結晶の集合が得られる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来、非晶質シリコン薄膜にレーザビームを照射することによって多結晶化させる際、自然に溶融固化させていたので、多結晶構造を構成する個々の結晶粒は不規則な結晶成長を行なう為、その結晶方位はランダムであった。この為、個々の結晶粒の境界(粒界)には結晶方位の不連続性に起因するトラップ準位が多数存在し、移動度の低下をもたらしていた。

【0005】一般に、非晶質シリコン薄膜を形成した

後、レーザアニール処理を施して多結晶化を図る際、シリコンの再結晶速度は面方位に依存している。例えば、100面方位と111面方位では再結晶速度が大きく異なる。この結果、再結晶化されたシリコンの表面状態は極めて粗い。元々、再結晶化する前のシリコン膜には面方位の異なる微結晶が複数存在し、レーザアニール処理によって結晶化又は再結晶化した時の各面方位の結晶成長速度が異なる為、大きな凹凸が表面に現れる。この凹凸の存在によって電荷(キャリア)の移動度が制限される。

【0006】以上のことから、多結晶薄膜トランジスタの移動度を改善する為には、結晶方位を揃えることが重要である。これに関し、金属などの触媒を利用して、固相成長を行ない結晶粒の結晶方位を制御する技術も提案されている。しかし、この方法では結晶中に金属が残留する。又、レーザアニールと異なり固相成長では低温での結晶化が難しい。

【0007】

【課題を解決する為の手段】上述した従来の技術の課題に鑑み、本発明は結晶方位を制御可能な半導体薄膜の結晶化方法及びレーザ結晶化装置を提供することを目的とする。即ち、基板に形成された半導体薄膜に磁場を印加しながらレーザ光を照射して、該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめる半導体薄膜の結晶化方法であって、発光時間が100nsを超えるレーザ光のパルス照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の磁場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする。好ましくは、レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化する。又、基板に形成された半導体薄膜に磁場を印加しながらレーザ光を照射して、該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるレーザ結晶化装置であって、処理対象となる基板を載置するステージと、該ステージを格納する容器と、レーザ光を発生するレーザ光源と、該レーザ光を該ステージに載置された基板に導く光学系と、該ステージ及び該光学系の少なくとも一部を収納する該容器の全体に一定方向の磁場を印加する磁場発生器とからなり、レーザ光を照射して該半導体薄膜を一旦溶融し冷却過程で一定方向の磁場を作用させ半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする。更に、絶縁基板に形成された半導体薄膜と、その一面に形成されたゲート絶縁膜と、該ゲート絶縁膜を介して該半導体薄膜に重ねられたゲート電極とからなる薄膜トランジスタであって、該半導体薄膜は、エネルギービームの照射を受けて一旦溶融した後冷却過程で多結晶化される際一定方向の磁場の作用を受けて結晶粒の結晶方位が揃えられていることを特徴とする。

【0008】本発明は、又、基板に形成された半導体薄

膜にレーザ光を照射して一旦熔融し冷却過程で結晶化せしめる半導体薄膜の結晶化方法であって、発光時間が100nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の電場を作用させて半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする。好ましくは、レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化する。加えて、基板に形成された半導体薄膜にレーザ光を照射して一旦熔融し冷却過程で結晶化せしめるレーザ結晶化装置であって、処理対象となる基板を載置するステージと、該ステージを格納する容器と、レーザ光を発生するレーザ光源と、該レーザ光を該ステージに載置された基板に導く光学系と、該ステージ及び該光学系の少なくとも一部を収納する該容器の全体に一定方向の電場を印加する電場発生器とからなり、レーザ光を照射して該半導体薄膜を一旦熔融し冷却過程で一定方向の電場を作用させ半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃えることを特徴とする。更に、絶縁基板に形成された半導体薄膜と、その一面に形成されたゲート絶縁膜と、該ゲート絶縁膜を介して該半導体薄膜に重ねられたゲート電極とからなる薄膜トランジスタであって、該半導体薄膜は、エネルギービームの照射を受けて一旦熔融した後冷却過程で多結晶化される際一定方向の電場の作用を受けて結晶粒の結晶方位が揃えられていることを特徴とする。

【0009】本発明によれば、レーザ光を照射して半導体薄膜を一旦熔融し、冷却過程で結晶化せしめる際、十分な時間を確保しこの間に一定の磁場または電場を作用させることで、結晶化された半導体薄膜に含まれる結晶粒の結晶方位を揃える。熔融状態にある個々のシリコン原子に含まれる電子は磁場または電場と相互作用し、電子スピンの磁場または電場に依じた方向に向く。この状態で冷却過程を通じ結晶化若しくは固化する時に、結晶方位が揃うことになる。個々の結晶粒の方位が揃っている為、粒界における結晶方位の不連続性に起因する電子ポテンシャルのバリアが低くなる為、結果としてキャリアの移動度が大きくなる。又、結晶粒が揃う為、半導体薄膜の表面の凹凸もなくなる。半導体薄膜の表面を平坦化することで、これに接して形成されるゲート絶縁膜と、その間の界面状態が良好となり、移動度の改善に寄与できる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は本発明に係るレーザ結晶化装置の構造を示す模式図である。本レーザ結晶化装置は絶縁基板0に形成された半導体薄膜4に磁場25を印加しながらレーザ光50を照射して、半導体薄膜4を一旦熔融し冷却過程で結晶化せしめるものである。この為、本レーザ結晶化装置は、処理対象となる絶縁基板0

を載置するステージ31と、このステージ31を格納する容器30と、レーザ光50を発生するレーザ光源51と、レーザ光50をステージ31に載置された基板0に導くミラー52などの光学系とを備えている。特徴事項として、本レーザ結晶化装置は、ステージ31及び光学系の少なくとも一部（ミラー52）を収納する容器30の全体に、一定方向の磁場を印加する磁場発生器を備えている。本実施形態では、この磁場発生器は容器30を上下から保持する一対の磁極20N、20Sを備えている。平行平板型の一対の磁極20N、20Sの間に矢印で示す様に垂直磁場25が発生し、予め絶縁基板0の上に形成された半導体薄膜4に印加される。尚、容器30には必要に応じて外部からガスを導入する為のノズル32と、内部を排気する為の真空ポンプ33が接続されている。又、レーザ光源51から発したレーザ光50は光学制御部53及び光学窓54を介して容器30内に導入される。

【0011】引き続き、図1を参照して本レーザ結晶化装置の使用法を具体的に説明する。容器（チャンバ）30内に光学ミラー52と基板0を保持するステージ31が収納されている。ステージ31は可動であり、その上に処理対象となる半導体薄膜4が形成された絶縁基板0を載置する。容器30の内部雰囲気は真空にする。あるいは、例えば窒素ガスや水素ガスを導入してもよい。レーザ光源51から発したレーザ光50は光学制御部53にて整形並びに均一化され、光学窓54を介してミラー52に入射する。このミラー52で光路を変えて絶縁基板0上に照射される。この時、容器30は全体が垂直磁場25の中に置かれている。即ち、容器30の上下に一対の磁極20N、20Sを持つ磁石若しくは電磁石を配置し、常時半導体薄膜4に磁界が印加される様にしている。この様なレーザ結晶化装置内で、レーザ光50による熔融再結晶化を行なうと、一旦溶けた半導体薄膜4のシリコン原子に含まれる電子スピンは磁界と相互作用し、ある方向に向く。この状態から冷却過程で固化する時に、結晶方位が揃うことになる。この様にして結晶化された膜は結晶方位がほぼ揃っている為粒界の電子ポテンシャルバリアが低くなり、移動度が大きくなる。この際、結晶方位をある方向に揃えることが重要であり、原子の外殻軌道構造に応じ半導体薄膜4の垂直方向に結晶が揃う場合もあり、あるいは水平方向に結晶方位が揃う場合も有る。

【0012】特に、結晶方位を揃える為には発光時間が100nsを超えるレーザ光のパルスを照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の磁場を作用させることが重要である。発光時間が100nsより短いとその分冷却過程の時間幅も短くなる為、磁場を十分に作用させることが困難になる。100ns以上の発光時間を有するレーザ光のパルスを得る為、例えば高出力のエキシマレーザ光源を用いることができる。更に

は、レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化してもよい。エキシマレーザアニール（ELA）とランプアニール（RTA）を組み合わせることで、冷却時間を例えば1秒から10秒程度確保することが可能である。

【0013】図2は本発明に係るレーザ結晶化装置の他の例を示す模式図である。本レーザ結晶化装置は絶縁基板0に形成された半導体薄膜4に電場25xを印加しながらレーザ光50を照射して、半導体薄膜4を一旦溶融し冷却過程で結晶化せしめるものである。この為、本レーザ結晶化装置は、処理対象となる絶縁基板0を載置するステージ31と、このステージ31を格納する容器30と、レーザ光50を発生するレーザ光源51と、レーザ光50をステージ31に載置された基板0に導くミラー52などの光学系とを備えている。特徴事項として、本レーザ結晶化装置は、ステージ31及び光学系の少なくとも一部（ミラー52）を収納する容器30の全体に、一定方向の電場25xを印加する電場発生器を備えている。本実施形態では、この電場発生器は容器30を上下から保持する一対の電極20p、20nを備えている。平行平板型の一対の電極20p、20nの間に矢印で示す様に垂直電場25xが発生し、予め絶縁基板0の上に形成された半導体薄膜4に印加される。尚、容器30には必要に応じ外部からガスを導入する為のノズル32と、内部を排気する為の真空ポンプ33が接続されている。又、レーザ光源51から発したレーザ光50は光学制御部53及び光学窓54を介して容器30内に導入される。

【0014】引き続き、図2を参照して本レーザ結晶化装置の使用法を具体的に説明する。容器（チャンバ）30内に光学ミラー52と基板0を保持するステージ31が収納されている。ステージ31は可動であり、その上に処理対象となる半導体薄膜4が形成された絶縁基板0を載置する。容器30の内部雰囲気は真空にする。あるいは、例えば窒素ガスや水素ガスを導入してもよい。レーザ光源51から発したレーザ光50は光学制御部53にて整形並びに均一化され、光学窓54を介してミラー52に入射する。このミラー52で光路を変えて絶縁基板0上に照射される。この時、容器30は全体が垂直電場25xの中に置かれている。即ち、容器30の上下に一対の電極20p、20nを配置し、常時半導体薄膜4に電界が印加される様にしている。本例では電極20nを接地し、電極20pに交流電源を接続して、交流電場を発生している。これに替えて、直流電場を印加しても良い。この様なレーザ結晶化装置内で、レーザ光50による溶融再結晶化を行なうと、一旦溶けた半導体薄膜4のシリコン原子に含まれる電子スピンは電界と相互作用し、ある方向に向く。この状態から冷却過程で固化する時に、結晶方位が揃うことになる。この様にして結晶

化された膜は結晶方位がほぼ揃っている為粒界の電子ポテンシャルバリアが低くなり、移動度が大きくなる。この際、結晶方位を一定方向に揃えることが重要であり、原子の外殻軌道構造に応じ半導体薄膜4の垂直方向に結晶が揃う場合もあり、あるいは水平方向に結晶方位が揃う場合も有る。

【0015】特に、結晶方位を揃える為には発光時間が100nsを超えるレーザ光のパルス照射して冷却過程に所定の時間幅を持たせ、その間に一定方向の電場を作用させることが重要である。発光時間が100nsより短いとその分冷却過程の時間幅も短くなる為、電場を十分に作用させることが困難になる。100ns以上の発光時間を有するレーザ光のパルスを得る為、例えば大出力のエキシマレーザ光源を用いることができる。更には、レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化してもよい。エキシマレーザアニール（ELA）とランプアニール（RTA）を組み合わせることで、冷却時間を例えば1秒から10秒程度確保することが可能である。

【0016】図3は、本発明に係る薄膜トランジスタの製造方法を示す工程図であり、図1又は図2に示したレーザ結晶化装置を用いて、半導体薄膜の結晶化を行なっている。この実施例で作成された多結晶シリコン薄膜トランジスタの移動度はNチャネル型で130ないし300cm²/Vs、Pチャネル型で60ないし150cm²/Vsであり、従来に比べ大幅に高移動度化が達成されている。なお、本実施例では便宜上Nチャネル型の薄膜トランジスタの製造方法を示すが、Pチャネル型でも不純物種（ドーパント種）を変えるだけで全く同様である。ここでは、ボトムゲート構造の薄膜トランジスタの製造方法を示す。まず（a）に示す様に、ガラスなどからなる絶縁基板0の上に例えばAl、Ta、Mo、W、Cr、Cu又はこれらの合金を例えば100乃至200nmの厚みで形成し、パタニングしてゲート電極1に加工する。

【0017】次いで（b）に示す様に、ゲート電極1の上にゲート絶縁膜を形成する。本実施例では、ゲート絶縁膜は例えばゲート窒化膜2（SiN_x）/ゲート酸化膜3（SiO₂）の二層構造を用いた。ゲート窒化膜2はSiH₄ガスとNH₃ガスの混合物を原料気体として使い、プラズマCVD法（PCVD法）で成膜した。なお、プラズマCVDに代えて常圧CVDあるいは減圧CVDを用いてもよい。本実施例では、ゲート窒化膜2を50nmの厚みで堆積した。ゲート窒化膜2の成膜に連続して、ゲート酸化膜3を約200nmの厚みで成膜する。更にゲート酸化膜3の上に連続的に非晶質シリコンからなる半導体薄膜4を約30乃至80nmの厚みで成膜した。二層構造のゲート絶縁膜と非晶質半導体薄膜4は成膜チャンバの真空系を破らず連続成膜した。以上の

成膜でプラズマCVD法を用いた場合には、例えば400乃至450℃の温度で窒素雰囲気中1時間程度加熱処理を行ない、非晶質半導体薄膜4に含有されていた水素を放出する。所謂脱水素アニールを行なう。

【0018】ここで、薄膜トランジスタのVthを制御する目的で、Vthイオンインプランテーションを必要に応じて行なう。本例では、B+をドーズ量が 1×10^{12} 乃至 $6 \times 10^{12} / \text{cm}^2$ 程度でイオン注入した。このVthイオンインプランテーションでは620nm幅に整形されたイオンのラインビームを用いた。次いで、本発明に従って、磁場又は電場を印加しながらレーザー光50を照射し、非晶質半導体薄膜4を結晶化する。レーザー光50としてはエキシマレーザービームを用いることができる。これにより、結晶方位を揃えることが出来る。

【0019】(c)に示す様に、前工程で結晶方位を揃えた状態で結晶化された多結晶半導体薄膜5の上に例えばプラズマCVD法で SiO_2 を約100nm乃至300nmの厚みで形成する。本例では、シランガス SiH_4 と酸素ガスをプラズマ分解して SiO_2 を堆積した。この様にして成膜された SiO_2 を所定の形状にパタニングしてエッチングストッパー膜6に加工する。この場合、裏面露光技術を用いてゲート電極1と整合する様にエッチングストッパー膜6をパタニングしている。エッチングストッパー膜6の直下に位置する多結晶半導体薄膜5の部分はチャネル領域Chとして保護される。前述した様に、チャネル領域Chには予めVthイオンインプランテーションによりB+イオンが比較的低ドーズ量で注入されている。続いて、エッチングストッパー膜6をマスクとしてイオンドーピングにより不純物(例えばP+イオン)を半導体薄膜5に注入し、LDD領域を形成する。この時のドーズ量は、例えば 6×10^{12} 乃至 $5 \times 10^{13} / \text{cm}^2$ である。更にストッパー膜6及びその両側のLDD領域を被覆する様にフォトリソをパタニング形成した後、これをマスクとして不純物(例えばP+イオン)を高濃度で注入し、ソース領域S及びドレイン領域Dを形成する。不純物注入には、例えばイオンドーピング(イオンシャワー)を用いることができる。これは質量分離を掛けることなく電界加速で不純物を注入するものであり、本実施例では $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ 程度のドーズ量で不純物を注入し、ソース領域S及びドレイン領域Dを形成した。なお、図示しないが、Pチャネルの薄膜トランジスタを形成する場合には、Nチャネル型薄膜トランジスタの領域をフォトリソで被覆した後、不純物をP+イオンからB+イオンに切り換えドーズ量 $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ 程度でイオンドーピングすればよい。なお、ここでは質量分離型のイオンインプランテーション装置を用いて不純物を注入してもよい。この後、多結晶半導体薄膜5に注入された不純物を活性化する。例えば、エキシマレーザーを用いたレーザー活性化アニール(ELA)を行なう。この後、半導体薄膜5とエ

ッチングストッパー膜6の不要な部分を同時にパタニングし、素子領域毎に薄膜トランジスタを分離する。

【0020】最後に(d)に示す様に、 SiO_2 を約200nmの厚みで成膜し、層間絶縁膜7とする。層間絶縁膜7の形成後、例えば SiN_x をプラズマCVD法で約200乃至400nm成膜し、パシベーション膜(キャップ膜)8とする。この段階で例えば窒素ガス又はフォーミングガス中又は真空中雰囲気下で350℃程度の加熱処理を1時間行ない、層間絶縁膜7に含まれる水素原子を半導体薄膜5中に拡散させる。この後、コンタクトホールを開口し、例えばMo、Alなどを200乃至400nmの厚みでスパッタした後、所定の形状にパタニングして配線電極9に加工する。更に、例えばアクリル樹脂などからなる平坦化層10を1 μm 程度の厚みで塗布した後コンタクトホールを開口する。平坦化層10の上に例えばITOやIXOなどからなる透明導電膜をスパッタした後、所定の形状にパタニングして画素電極11に加工する。

【0021】図4は、図3に示した製造方法によって作成された薄膜トランジスタを用いたアクティブマトリクス型表示装置の一例を示す。図示する様に、本表示装置は一对の絶縁基板101、102と両者の間に保持された電気光学物質103とを備えたパネル構造を有する。電気光学物質103としては液晶材料が広く用いられている。下側の絶縁基板101には画素アレイ部104と駆動回路部とが集積形成されている。駆動回路部は垂直駆動回路105と水平駆動回路106とに分かれている。また、絶縁基板101の周辺部上端には外部接続用の端子部107が形成されている。端子部107は配線108を介して垂直駆動回路105及び水平駆動回路106に接続している。画素アレイ部104には行状のゲート配線109と列状の信号配線110が形成されている。両配線の交差部には画素電極111とこれを駆動する薄膜トランジスタ112が形成されている。薄膜トランジスタ112のゲート電極は対応するゲート配線109に接続され、ドレイン領域は対応する画素電極111に接続され、ソース領域は対応する信号配線110に接続している。ゲート配線109は垂直駆動回路105に接続する一方、信号配線110は水平駆動回路106に接続している。画素電極111をスイッチング駆動する薄膜トランジスタ112及び垂直駆動回路105と水平駆動回路106に含まれる薄膜トランジスタは、本発明に従って作成されたものであり、従来に比較して移動度が高くなっている。従って、駆動回路ばかりでなく更に高性能な処理回路を集積形成することも可能である。即ち、これらの薄膜トランジスタは、絶縁基板101に形成された半導体薄膜と、その一面に形成されたゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜を介して半導体薄膜に重ねられたゲート電極とからなる。半導体薄膜は、レーザー光などのエネルギービームの照射を受けて一旦熔融した後冷却過

程で多結晶化される際、一定方向の磁場又は電場の作用を受けて結晶粒の結晶方位が揃えられている。

【0022】図5は、図1に示した本発明に係るレーザ結晶化装置の変形例を示すブロック図である。図1に示した実施形態と対応する部分には対応する参照番号を付して理解を容易にしている。図1に示した実施形態と異なる点は、容器30が全体として電磁石20を構成するコイル内に格納されていることである。この結果、絶縁基板0に形成された半導体薄膜4には矢印で示す様に水平方向の磁場25が印加されることになる。この磁場25によって半導体薄膜4に含まれる結晶粒の結晶方位が一定方向に揃えられることになる。

【0023】図6は、本発明に係るレーザ結晶化装置の発展形態を示す模式図であり、磁場発生器又は電場発生器や容器を除いた光学部分のみを表わしている。この発展形態では、レーザ光とランプ光を組み合わせることにより、より効率的な結晶化を行なっている。即ち、レーザ光源から発したレーザ光を照射する時、レーザ光源とは別に設けたランプ光源から発したランプ光を半導体薄膜に照射して冷却過程の時間を延長化させている。本装置は基本的にELA (Excimer Laser Anneal) とRTA (Rapid Thermal Anneal) を併用した構成になっている。RTAは波長が240ないし400nmの紫外光を瞬間的（例えば約1秒）にガラスなどからなる絶縁基板0に照射することにより、基板自体にダメージを与えることなく高温熱処理を可能にする技術である。図示する様に、絶縁基板0は赤外線ランプなどからなる赤外線加熱器71ないし73が配されたZone1ないしZone3で段階的に予備加熱（徐熱）される。この絶縁基板0を所定速度で移送し、RTAユニットに送り込む。本例ではレーザ光50の照射領域直前に位置する第一のRTAユニットと、直後に位置する第二のRTAユニットを設けている。第一のRTAユニットは上下一対のアークランプ61、62からなり、第二のRTAユニットも上下一対のアークランプ67、68からなる。各アークランプ61、62、67、68は反射板82でカバーされているとともに、その近傍には制御用の放射温度計83が配されている。RTAユニット通過後、絶縁基板0はやはり赤外線加熱器74が配された冷却用のZone4に搬送され、ここで徐冷される。一方、ELAはエキシマレーザ光源を用いており、例えば線形に整形されたレーザ光50をパルスとして間欠的に発生する。レーザ光50はミラー52により反射され、絶縁基板0に照射される。

【0024】係る構成を有するレーザ結晶化装置は、互いに直交する長手方向及び幅方向に広がる絶縁基板0の

表面に予め形成された半導体薄膜の熱処理に用いられる。尚、図では絶縁基板0の長手方向が矢印で示す基板進行方向と一致している。前述した様に、本装置は基本的にレーザ光源と、複数のランプ光源と、移送手段とを備えている。レーザ光源は絶縁基板0の幅方向に沿って線状に整形された比較的高エネルギーのレーザ光50を間欠的なタイミングで半導体薄膜に照射する。上下一対のアークランプ61、62は絶縁基板0の幅方向に沿って線状（長尺状）に形成された比較的低エネルギーを有する二本のランプ光をレーザ光50の照射タイミングにほぼ同期して間欠的に半導体薄膜に照射する。上下一対のアークランプ67、68も同様である。移送手段は、レーザ光50及びランプ光の照射タイミングに合わせて絶縁基板0を長手方向（基板進行方向）に移送する。又、レーザ光50及びランプ光の照射の前後で絶縁基板0の徐熱徐冷を行なう為、赤外線加熱器71ないし74が移送手段に沿って配列されている。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、絶縁基板上に形成された非晶質シリコンなどの非単結晶半導体薄膜をレーザ光の照射によって多結晶化する際、磁場又は電場を印加することによって結晶粒の結晶方位を一定方向に揃えている。これにより、多結晶半導体薄膜を活性層とする薄膜トランジスタのキャリア移動度を改善することができる。又、この為に用いるレーザ結晶化装置はチャンバ全体を一定方向の磁場中又は電場中に配するだけでよく、比較的簡単な装置構成で済む。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザ結晶化装置を示す模式的なブロック図である。

【図2】本発明に係るレーザ結晶化装置の他の例を示す模式的なブロック図である。

【図3】本発明に係る薄膜トランジスタの製造方法を示す工程図である。

【図4】本発明に従って作成された薄膜トランジスタを用いた表示装置の一例を示す斜視図である。

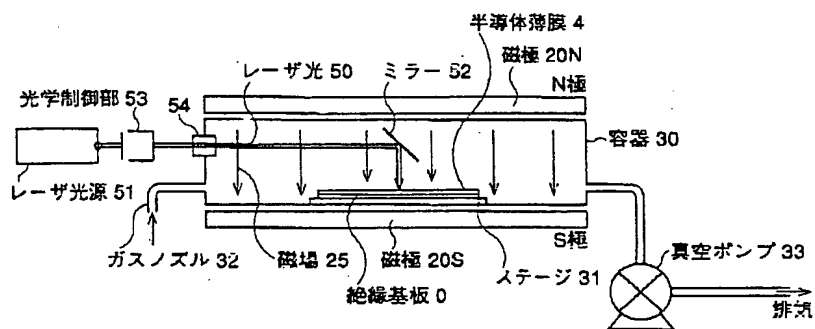
【図5】本発明に係るレーザ結晶化装置の変形例を示す模式図である。

【図6】本発明に係るレーザ結晶化装置の発展形態を示す模式的な斜視図である。

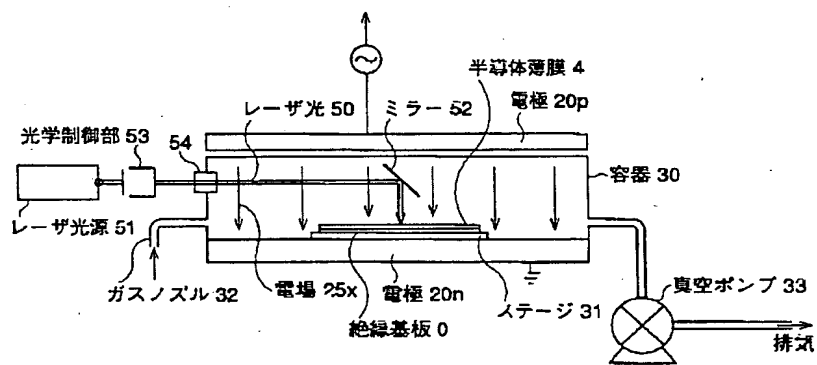
【符号の説明】

0・・・絶縁基板、4・・・半導体薄膜、20N・・・磁極、20S・・・磁極、20p・・・電極、20n・・・電極、25・・・磁場、25x・・・電場、30・・・容器、31・・・ステージ、50・・・レーザ光、51・・・レーザ光源、52・・・ミラー

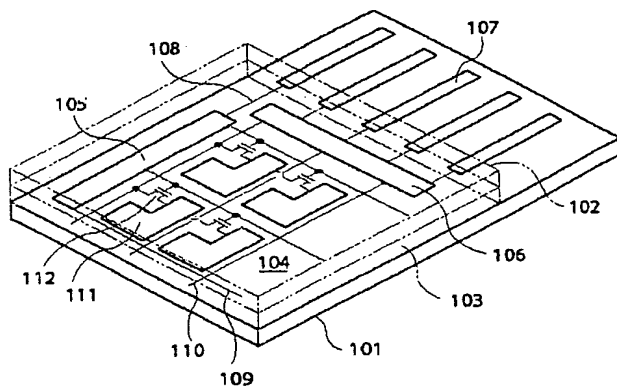
【図1】

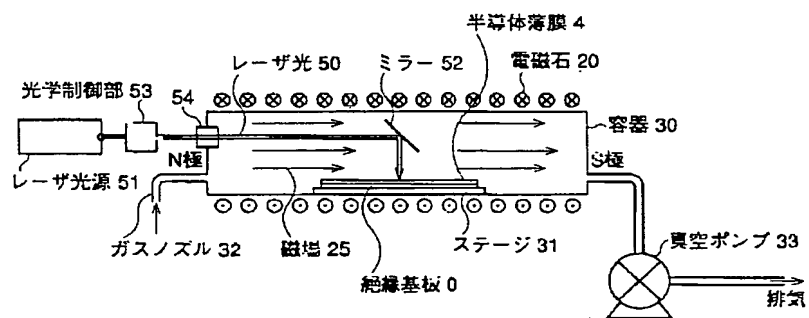


【図2】

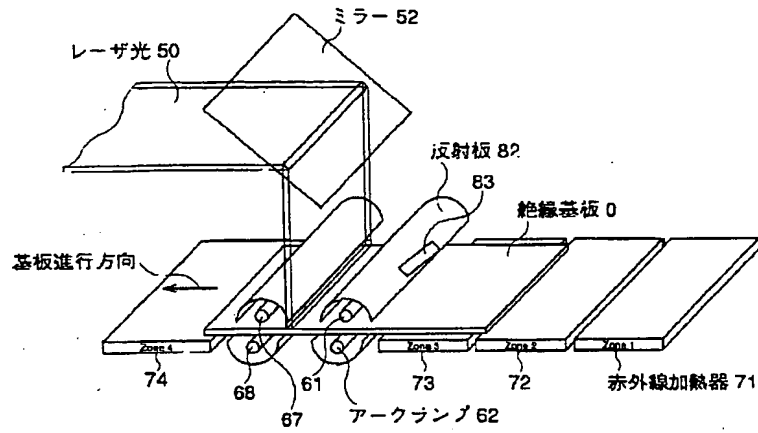


【図4】





【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 林 久雄

愛知県知多郡東浦町緒川上舟木50番地 エ
スティ・エルシーディ株式会社内

Fターム(参考) 5F052 AA02 AA24 BB07 DA02 DB03
EA12 JA01

5F110 AA01 BB02 CC08 DD02 EE03
EE04 EE23 FF02 FF03 FF30
GG02 GG13 GG17 GG25 GG32
GG34 GG45 HJ01 HJ04 HJ13
HJ23 HL03 HL23 HM15 NN03
NN04 NN16 NN23 NN24 NN35
PP03 PP23 PP35 QQ09 QQ11

THIS PAGE BLANK (USPTO)